

TECTONIQUE. - Mise en évidence sur le versant sud des Pyrénées centrales d'une nappe à matériel crétacé déversée au Sud : la nappe du Cotiella. Note (*) de M. Michel SEGURET, présentée par M. Jean ORCEL.
C. R. Acad. Sc. Paris., t. 265, p. 1448-1451 (13 Novembre 1967).
Série D.

TECTONIQUE. - Sur l'extension, le style et l'âge de mise en place de la nappe de Gavarnie (Pyrénées centrales). Note (*) de MM. Pierre CHOUKROUNE, Claude MARTINEZ, Michel SEGURET et Maurice MATTAUER, présentée par M. Jean ORCEL.
C. R. Acad. Sc. Paris., t. 266, p. 1360-1363 (25 Mars 1968).
Série D.

TECTONIQUE. - Contribution à l'étude de la tectonique sud-pyrénéenne : sur le style et l'importance des déplacements vers le Sud des séries secondaire et tertiaire de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Note (*) de M. Michel SEGURET, présentée par M. Louis GLANGEAUD.
C. R. Acad. Sc. Paris., t. 268, p. 907-910 (10 Février 1969).
Série D.

TECTONIQUE. - La nappe de la Pedraforca : nouvelle unité allochtone du versant sud des Pyrénées. Note (*) de M. Michel SEGURET, présentée par M. Louis GLANGEAUD.
C. R. Acad. Sc. Paris., t. 269, p. 552-555 (4 Août 1969).
Série D.

par M. Michel SEGURET
Laboratoire de Géologie Structurale, Faculté des Sciences
34 - MONTPELLIER, Equipe de Recherche associée au C.N.R.S. n° 132
"Tectonique et Microtectonique".

Ces articles résument en partie le travail d'une thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles intitulée "ETUDE TECTONIQUE DES NAPPES ET SERIES DECOLLEES DE LA PARTIE CENTRALE DU VERSANT SUD DES PYRENEES" Caractères synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité.
et qui sera soutenue le 18 Décembre 1970, à la Faculté des Sciences de Montpellier. Cette thèse est enregistrée au C.N.R.S. sous le numéro A. O. 4833.



TECTONIQUE. — *Mise en évidence sur le versant sud des Pyrénées centrales d'une nappe à matériel crétacé déversée au Sud : la nappe du Cotiella.*

Note (*) de M. MICHEL SEGURET, présentée par M. Jean Orcel.

Au Sud-Est de la nappe de Gavarnie, le massif crétacé du Cotiella, situé entre les rios Cinca et Esera, a toujours été considéré comme le noyau d'une structure à double déversement. Dès 1910, M. Dalloni ⁽¹⁾ décrivait le contact nord, jalonné de Trias, qui sépare le Cotiella de la couverture de la zone axiale et y voyait un chevauchement vers le Nord. Par la suite Ch. Jacob et R. Ciry ⁽²⁾ admettaient cette conclusion, tout en mettant en évidence la présence de chevauchements et de plis déversés au Sud sur les bords ouest et sud du massif. Depuis P. Misch ⁽³⁾, qui donna une excellente carte de la région et explicita cette interprétation de structure à double déversement, tous les géologues travaillant dans la région s'en sont tenus à cette solution et notamment tout récemment P. Souquet ⁽⁴⁾.

Or l'étude structurale de la région, qui a été facilitée par les travaux stratigraphiques de P. Souquet et les études structurales de Cl. Martinez sur une région septentrionale voisine ⁽⁵⁾, vient de nous révéler que *l'ensemble du massif crétacé du Cotiella, flotte sur l'Éocène* et appartient à une grande nappe d'origine septentrionale.

1. ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'ALLOCHTONIE DU COTIELLA (*fig.*). —

a. Le contact de base du Cotiella observable au Sud, à l'Ouest, au Nord est partout très proche de l'horizontale. Tout au long du contact des terrains plus anciens (Crétacé) reposent sur des terrains plus récents (Éocène).

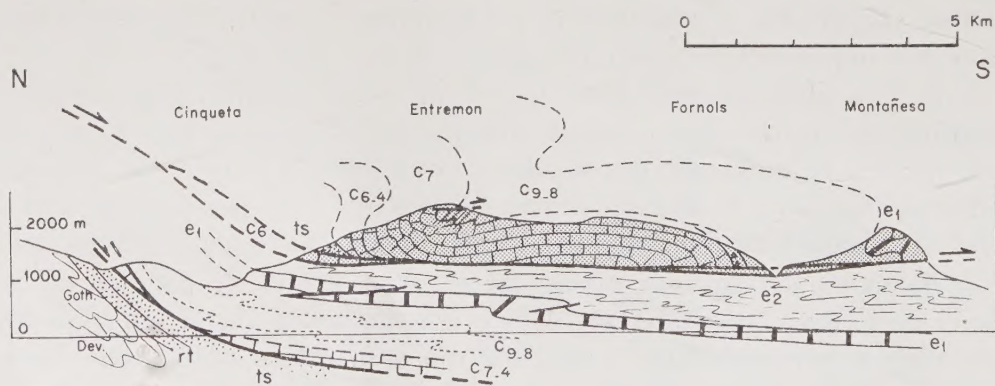
b. A l'intérieur du massif de nombreux cisaillements horizontaux de toutes amplitudes, témoignent d'une tectonique tangentielle importante, avec des déplacements constants vers le Sud.

c. Si l'on était en présence d'une structure à double déversement on devrait trouver une zone centrale affectée par un plissement à plan axial sub-vertical et montrant des pendages redressés. Or il n'en est rien : les déformations sont faibles au centre du massif et les pendages y restent souvent proches de l'horizontale (Punta Llerga, Entremón) (*voir coupe*).

d. Selon les descriptions mêmes de P. Misch ⁽³⁾ et P. Souquet ⁽⁴⁾ les faciès du Crétacé sont différents dans le massif du Cotiella où l'on rencontre une série « sud-pyrénéenne » et dans son substratum autochtone relatif où l'on a la série de « couverture de la zone axiale ». L'allochtonie du Cotiella permet d'expliquer facilement une telle opposition de faciès.

2. SENS DE DÉVERSEMENT DE LA NAPPE DU COTIELLA. — *Le flanc Sud.* —

Dès 1926 Ch. Jacob et R. Ciry ⁽²⁾ ont décrit les plis de la Montanesa et de la Punta Llerga. Il s'agit de plis d'amplitude hectométrique à flanc long horizontal et flanc court redressé à la verticale ou même renversé



et à pendage Nord (coupe). Ce déversement vers le Sud des bords sud et ouest du massif est d'ailleurs admis par tout le monde depuis cette époque.

Le flanc Nord. — Là, tous nos prédécesseurs [et encore tout récemment P. Souquet ⁽⁴⁾] ont admis un déversement vers le Nord. Or toutes les

déformations observables militent en faveur de l'hypothèse inverse, en effet :

a. Au Nord-Est du Cotiella, dans le Cirque d'Armena, une petite écaille de calcaires éocènes, coincée dans le contact majeur horizontal, entre le Paléocène du substratum et le Crétacé allochtone (lambeau de Armena) montre un très beau synclinal couché au Sud. Des stratifications entrecroisées dans le calcaire gréseux à alvéolines permettent de confirmer le renversement.

b. Dans tout le Maestrichtien et le Paléocène du substratum nord de la nappe, on rencontre de nombreux cisaillements horizontaux. Ils correspondent tous à des chevauchements vers le Sud ou le Sud-Ouest.

c. Au Nord-Ouest du Pic du Cotiella, sur les sommets d'Entremon, les calcaires et marnes du Santonien dessinent un synclinal de plusieurs centaines de mètres de large et de plusieurs kilomètres de long, qui est couché au Sud. Dans les marnes au cœur du synclinal une schistosité plongeant de 45° au Nord confirme le sens de déversement. Le flanc inverse sub-vertical est de plus découpé par des failles sub-horizontales chevauchant au Sud, qui vont jusqu'à former de petites klippes (coupe).

d. Dans le ravin descendant du col de Saravillo vers la Fortunada, entre la Punta Llerga et le Cotiella, les calcaires santoniens montrent une charnière anticlinale couchée au Sud. Le flanc inverse du pli est laminé et les masses calcaires de la Punta Llerga et du Cotiella reposent sur les marnes du Sénonien supérieur par l'intermédiaire d'un contact anormal légèrement plongeant au Sud. Dans les marnes une très belle schistosité à plongement Nord confirme le déplacement vers le Sud des Calcaires sus-jacents.

e. Sur toute la bordure nord du massif, les calcaires de la base de la série crétacée (Cénomaniens supérieur à Santonien) sont verticaux ou renversés en direction du Sud (coupe).

Ainsi, en l'absence *totale* d'arguments en faveur du déversement vers le Nord et en raison des nombreux arguments en faveur d'un chevauchement vers le Sud, l'allochtonie et l'origine septentrionale nous paraissent acquises.

3. *STYLE DE LA NAPPE DU COTIELLA.* — Dans la partie occidentale le contact de base de la nappe est horizontal et peu déformé. A partir du méridien du Cotiella ce contact s'ennoie vers l'Est si bien que sur la transversale de l'Esera, seul le contact nord reste visible. Redressé, il a un pendage sud assez fort donnant la fausse impression que la série « sud-pyrénéenne » (série du Cotiella) chevauche vers le Nord la couverture de la zone axiale. Sur cette transversale, le contact sud a disparu et la série crétacée allochtone est recouverte normalement par le Tertiaire du « synclinal de l'Aragon »; cette disparition du contact sud, à première vue gênante, peut s'expliquer facilement si l'on admet que la nappe du Cotiella *s'amortit frontalement*. Dans ce cas, le contact de base de la nappe n'est visible que dans sa partie arrière, l'érosion n'en ayant pas dégagé la partie frontale. De plus, vers l'avant l'amplitude du déplacement entre la nappe et son substratum s'amortit progressivement.

Outre les structures que nous venons d'examiner, il existe dans le massif du Cotiella et dans son substratum, une schistosité en moyenne Nord-Sud, à pendage Est, et correspondant donc à des structures déversées d'Est en Ouest. Cette schistosité recoupe les plis Est-Ouest liés à la mise en place de la nappe du Cotiella, ce qui peut s'observer aussi bien dans l'Éocène du substratum que dans la masse charriée (marno-calcaires et marnes du Santonien-Campanien au Nord de la crête de la Montanesa). Nous sommes ainsi amenés à considérer que cette phase Nord-Sud est postérieure à la mise en place de la nappe du Cotiella.

4. CONSÉQUENCES PALÉOGÉOGRAPHIQUES. — Le Crétacé supérieur du versant sud des Pyrénées centrales est maintenant bien connu ^(*).

— Dans la bordure de la zone axiale on a, du Cénomanién au Coniacien, une sédimentation littorale donnant une série relativement réduite. Au Santonien se déposent des calcaires organo-détritiques gréseux. Le Campanien et le Maestrichtien sont représentés par une série à dominance marneuse, gréseuse à son sommet dans la vallée de l'Esera et devenant nettement détritique dès sa base (grès du Marboré) dans la vallée du Cinca.

— Dans le Cotiella les faciès du Cénomanién au Coniacien, sont voisins de ceux de la bordure de la zone axiale avec toutefois des épaisseurs notablement plus fortes. Au Santonien se déposent les calcaires à spicules d'Aguas Salenz qui correspondent à une sédimentation « isolée des influences terrigènes » contrastant beaucoup avec la sédimentation détritique des calcaires gréseux du substratum. Le Campanien et le Maestrichtien présentent un faciès proche de celui des marnes et des grès plus septentrionaux quoique moins détritiques. Ces différences de faciès et d'épaisseur entre les deux unités ont permis à P. Souquet d'opposer le « chenal subsident du Cotiella » au « bourrelet marginal de la zone axiale » et l'ont conduit à dessiner pour le Santonien, le Campanien et le Maestrichtien des limites de faciès qui se superposent au contact anormal de base du Cotiella.

On peut donc facilement continuer à opposer ces deux domaines en supposant simplement que le sillon subsident du Cotiella ne se trouvait pas au Sud, mais au Nord de l'actuelle bordure de la zone axiale. Nous sommes donc conduits à admettre qu'un important bassin crétacé se trouvait sur l'emplacement actuel de la zone axiale. C'est là une conclusion nouvelle dont il faudra tenir compte lors des reconstitutions paléogéographiques.

L'allochtonie du Cotiella entraîne évidemment aussi toute une série de conséquences structurales que nous analyserons ultérieurement.

(*) Séance du 30 octobre 1967.

(1) M. DALLONI, *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 1910, p. 1-444.

(2) CH. JACOB, P. FALLOT, G. ASTRE et R. CIRY, *C. R. XIV^e Congr. Géol. intern.*, Madrid, 1926, 2^e fasc., p. 235-411.

(3) P. MISCH, *Beit. Geol. Westl. Mediter.*, n° 13, Berlin, 1934 et *Trad. Notas Com. Inst. Geol. Min. Espana*, n° 14, 1945, p. 7-180.

(4) P. SOUQUET, *Thèse Sciences*, Toulouse, 1967, p. 1-484; et *Bull. Soc. Hist. nat.*, Toulouse, 103, 1967, p. 272-295.

(5) CL. MARTINEZ, *Thèse 3^e cycle*, Faculté des Sciences de Montpellier.

(Laboratoire de Géologie Structurale, Faculté des Sciences,
place Bataillon, Montpellier, Hérault.)

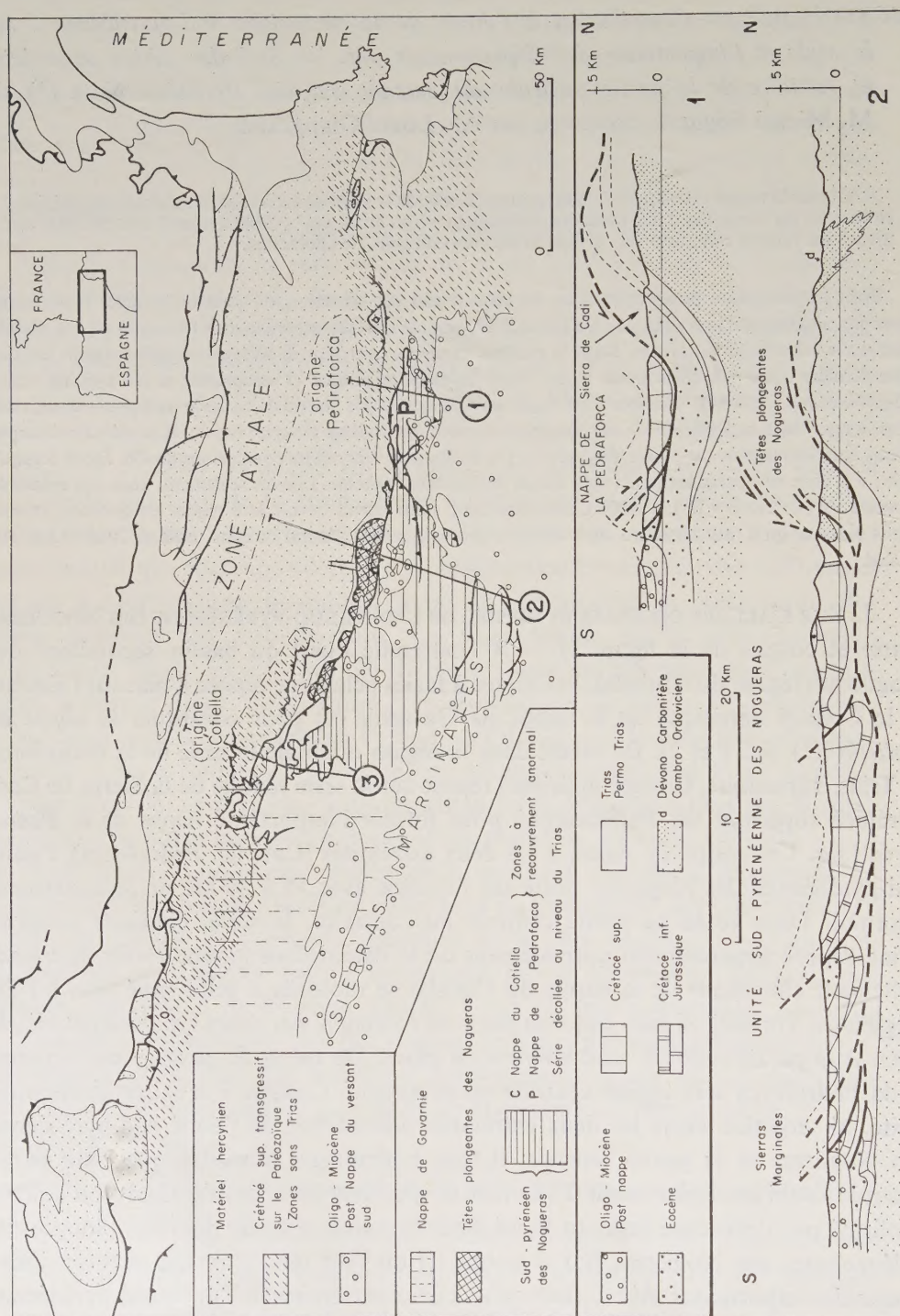
TECTONIQUE. — *Contribution à l'étude de la tectonique sud-pyrénéenne : sur le style et l'importance des déplacements vers le Sud des séries secondaire et tertiaire de la partie centrale du versant sud des Pyrénées.* Note (*) de M. Michel Séguret, présentée par M. Louis Glangeaud.

Depuis la nappe du Cotiella à l'Ouest jusqu'à celle de la Pedraforca à l'Est, les terrains secondaires et éocènes du versant sud des Pyrénées centrales (environ 4 000 km² d'affleurement) sont décollés au niveau du Trias et ont glissé vers le Sud de plusieurs dizaines de kilomètres.

Dans la couverture post-hercynienne du versant sud des Pyrénées, on peut différencier trois grands ensembles stratigraphiques (fig. 1). A l'Est et à l'Ouest, le Crétacé supérieur (ou l'Eocène) repose directement sur le substratum hercynien. Dans la partie centrale au contraire, la série est complète depuis le Trias. Cette dernière zone, qui correspond à une unité paléogéographique et structurale, a été appelée « série sud-pyrénéenne » [(1), (2)]. Comme il ne s'agit, en fait, que d'une partie de la série sud-pyrénéenne, nous l'appellerons *unité sud-pyrénéenne des Nogueras* du nom des rivières de cette région. A la suite des interprétations antérieures plus ou moins divergentes (1), P. Souquet reprend les conclusions de Ch. Jacob lorsqu'il écrit : « la série sud-pyrénéenne n'a subi aucun déplacement notable. Elle est seulement, dans son ensemble, déversée vers le Nord » [(2), p. 430]. Cette conclusion nous paraît devoir être remise en question et nous allons montrer qu'il faut admettre, au contraire, un déplacement général de cette unité de 20 à 40 km, vers le Sud.

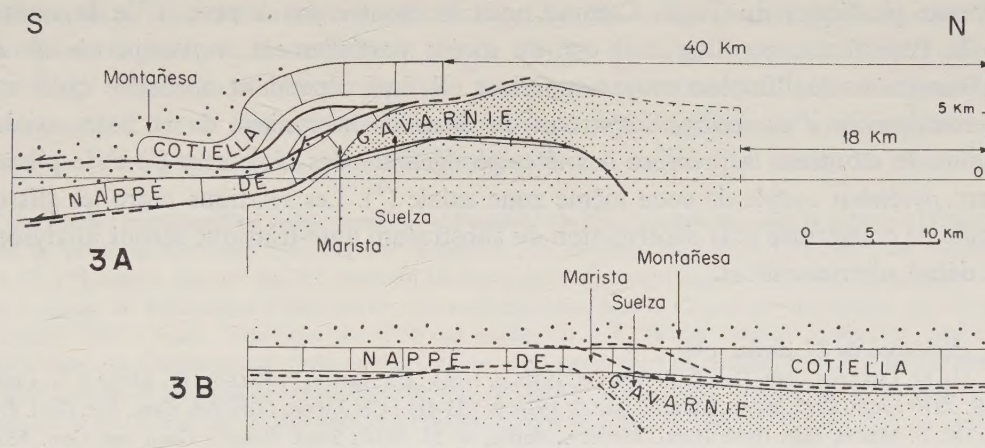
I. SUR L'ALLURE DÉCOLLÉE ET GLISSÉE DE L'UNITÉ SUD-PYRÉNÉENNE DES NOGUERAS (carte et coupes de la figure 1). — A l'extrémité ouest du bassin secondaire des Nogueras (région du Cotiella), le Crétacé à faciès pélagique repose à plat sur l'Eocène et le Crétacé détritique de la nappe de Gavarnie (3) pour constituer la *nappe du Cotiella* [(4), fig. 1 et 2]. De même dans la région orientale la série de la Pedraforca (à Trias, Jurassique, Crétacé inférieur) repose sur la série réduite de la Sierra de Cadi (Crétacé supérieur sur Paléozoïque) pour former l'importante *nappe de la Pedraforca* (fig. 1 et coupe 1). Ainsi, à ses deux extrémités (Cotiella, Pedraforca), l'unité sud-pyrénéenne des Nogueras flotte sur l'Eocène avec 15 à 20 km de recouvrement anormal. Dans toute sa partie centrale au contraire, la série, continue jusqu'au Trias, repose apparemment normalement sur le Paléozoïque (coupe 2). Or, le crétacé nettement allochtone de la nappe du Cotiella se raccorde à celui situé plus à l'Est (région du Turbon), si bien que l'on passe en continuité des zones typiquement allochtones à la partie centrale apparemment en place. De même le passage de la nappe de la Pedraforca à la région centrale est progressif. Comme il n'existe ni discontinuité, ni virgation entre les deux extrémités allochtones de l'unité sud-pyrénéenne des Nogueras et sa partie centrale, il faut évidemment admettre que cette partie centrale a subi un déplacement d'un ordre de grandeur comparable. Ceci est d'ailleurs confirmé par l'existence juste au Nord de cette partie centrale des têtes plongeantes paléozoïques des Nogueras [(5) et coupe 2] où l'on rencontre des superpositions anormales importantes. Ainsi, alors qu'aux deux extrémités de l'unité sud-pyrénéenne des Nogueras, les contacts anormaux se manifestent dans le Secondaire et le Tertiaire, dans la partie centrale on les trouve au niveau du Trias. Le contact de base de l'unité se situe donc dans des terrains d'âge varié.

II. RECONSTITUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET ORDRE DE GRANDEUR DES DÉPLACEMENTS. — Pour rechercher la « patrie » de la nappe du Cotiella, extrémité occiden-



tales de l'unité des Nogueras, il faut tenir compte de la géométrie de la nappe de Gavarnie ⁽³⁾. La découverte de nombreux affleurements de Crétacé supérieur

directement transgressifs sur le Paléozoïque dans l'autochtone de cette nappe, indique la présence d'un relief anté-Cénomarien (zone sans Trias) dont la forme est esquissée figure 1. La zone de sédimentation de la série du Cotiella était située au Nord de ce haut-fond (*fig. 1* et coupe 3), ce qui conduit à admettre pour cette série un déplacement minimum de l'ordre de 40 km (déplacements cumulés des nappes de Gavarnie et du Cotiella). De même, la série complète de la Pedraforca s'est sédimentée au Nord de la série réduite de Cadi ; elle a donc subi un déplacement minimum de l'ordre de 20 km (coupe 1). Ainsi, à ses deux extrémités (Cotiella et Pedraforca), l'unité sud-pyrénéenne des Nogueras s'est déplacée d'une valeur minimum comprise entre 20 et 40 km. Comme nous l'avons vu, le déplacement minimum de la partie centrale ne peut être que du même ordre de grandeur. Aussi est-on en présence d'une unité dont toute la partie septentrionale a subi un déplacement minimum



3A Coupe schématique des nappes de Gavarnie et du Cotiella

3B Coupe rétrotectonique (Par convention l'autochtone de Gavarnie a été supposé fixe)

Légende voir coupes 1.2

de 20 à 40 km. Or, dans sa masse, l'unité ne montre que peu de plis et chevauchements dont le raccourcissement cumulé ne dépasse pas la dizaine de kilomètres et ne peut par conséquent amortir frontalement les 20 à 40 km de déplacement mis en évidence au Nord. Il faut donc admettre que le déplacement vers le Sud s'est produit sur toute la largeur du bassin jusqu'aux Sierras marginales où de nombreux contacts anormaux (en partie masqués par l'oligo-miocène post-nappe) « encaissent » le déplacement (coupe 2).

III. MÉCANISME DE MISE EN PLACE DE L'UNITÉ SUD-PYRÉNÉENNE DES NOGUERAS.

— La présence de zones à recouvrement anormal (Cotiella, Pedraforca) passant à des zones glissées en masse, sans superposition anormale (partie centrale) pose quelques problèmes géométriques et mécaniques qui ne peuvent être résolus qu'en tenant compte des données paléogéographiques et notamment de la répartition

du Trias. Dans les zones où le Trias supérieur était présent (partie centrale et zone de départ des nappes du Cotiella et de la Pedraforca) le contact anormal de base est situé dans ce Trias. De plus dans la partie centrale, la présence de Trias sur toute la largeur du bassin a permis un décollement et un glissement général de la série mésozoïque et tertiaire vers le Sud (coupe 2). Au contraire, l'absence de Trias au Sud des zones d'origine du Cotiella et de la Pedraforca (carte, fig. 1) (coupes 1 et 3) n'a pas permis le décollement ; le contact de base de l'unité charriée a donc recoupé les séries en biseau pour « monter » jusque dans l'Eocène entraînant ainsi les superpositions anormales. Lorsque la limite du Trias était proche du Nord-Sud (limite ouest de la Sierra de Cadi) le biseautage des séries autochtones s'est fait selon cette direction et le contact de base se comporte alors comme un décrochement à très faible pendage. Ainsi la mise en place de l'unité sud-pyrénéenne des Nogueras est due à un *glissement généralisé de la couverture* conditionné par la présence des niveaux plastiques du Trias. Comme nous le montrerons à propos de la nappe de la Pedraforca, ce glissement est, au moins partiellement, *contemporain de la sédimentation* de l'Eocène moyen-supérieur. Il faut cependant admettre qu'il est la *conséquence d'un serrage* important des terrains hercyniens de la zone axiale, comme le montrent la présence des têtes plongeantes des Nogueras ⁽⁵⁾ et le plissement pyrénéen souple de cette même zone axiale ⁽⁶⁾. Les relations entre les glissements de couverture et la déformation du substratum anté-triasique seront analysées en détail ultérieurement.

(*) Séance du 27 janvier 1969.

(1) M. DALLONI, *Ann. Fac. Sc.*, Marseille, 1910, p. 1-144 ; Ch. JACOB, P. FALLOT, G. ASTRE et R. CIRY, *C. R. XIV^e congr. Geol. intern.*, Madrid, fasc. 2, 1926, p. 253-411 ; Ch. JACOB, *Livre Jub. Cent. Soc. Geol. Fr.*, 2, 1930, P. MISCH, *Beit. Geol. Westl. Mediter.*, Berlin, n° 13, 1934 ; *Trad. Notas y Com. Inst. Geol. Min. Espana*, n° 14, 1945, p. 7-180.

(2) P. SOUQUET, Imp. Privat, Toulouse, 1967, 529 pages, 68 figures, 7 tableaux, 24 planches.

(3) P. CHOUKROUNE, Cl. MARTINEZ, M. SÉGURET et M. MATTAUER, *Comptes rendus*, 266, Série D, 1968, p. 1360-1363 ; P. CHOUKROUNE, M. SÉGURET et M. MATTAUER, *Comptes rendus*, 267, Série D, 1968, p. 2088-91.

(4) M. SÉGURET, *Comptes rendus*, 265, Série D, 1967, p. 1448-1451, figures 1 et 2.

(5) M. SÉGURET, *Comptes rendus*, 259, 1964, p. 2895-98.

(6) M. MATTAUER, *Comptes rendus*, 259, 1964, p. 2891-94 ; M. MATTAUER et M. SÉGURET, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1966, p. 10.

(Equipe de Recherche associée au C. N. R. S., n° 132 ;
Laboratoire de Géologie Structurale, Faculté des Sciences,
place Eugène-Bataillon, 34-Montpellier, Hérault.)

TECTONIQUE. — *Sur l'extension, le style et l'âge de mise en place de la nappe de Gavarnie (Pyrénées centrales)*. Note (*) de MM. **Pierre Choukroune, Claude Martinez, Michel Seguret** et **Maurice Mattauer**, présentée par M. Jean Orcel.

Bien que connu depuis 1903 ⁽¹⁾, le spectaculaire chevauchement de la région de Gavarnie, où du Paléozoïque supérieur est charrié sur du Crétacé autochtone transgressif sur du Paléozoïque inférieur, posait encore plusieurs problèmes structuraux. Nous montrons que la nappe de Gavarnie a une extension considérable, que la nappe du Mt Perdu en constitue une unité supérieure et que deux phases tectoniques doivent y être distinguées.

1. LA TECTONIQUE DU MASSIF DU MT PERDU. — On y rencontre deux unités : l'unité supérieure constitue la petite nappe du Mt Perdu [E. J. Van de Velde ⁽²⁾ et P. Souquet ⁽³⁾] ; les charnières anticlinales (*fig. B*) indiquent un déplacement du Nord vers le Sud ; le recouvrement est de l'ordre de 5 km (coupe 3). Cette unité supérieure surmonte anormalement une autre série, crétacée, dont la base repose en transgression sur le Paléozoïque charrié de la nappe de Gavarnie (*fig.*) et qui est donc charrié au même titre que ce Paléozoïque, c'est-à-dire d'au moins 10 km.

Le contact transgressif est visible depuis le val Pineta à l'Est jusqu'au-delà du col de Boucharo à l'Ouest ; dans la vallée de Gavarnie il est renversé et laminé. Malgré cette disposition la plupart des auteurs [⁽¹⁾, ⁽³⁾, ⁽⁴⁾] avaient supposé que le Crétacé du Mt Perdu était néanmoins quasi autochtone ; ils supposaient que la nappe de Paléozoïque s'était enfilée, par sous charriage, *sous* le Crétacé en provoquant des rétro-charriages vers le Nord. Cette hypothèse n'est pas valable car : il faudrait trouver *partout*, au Sud du Paléozoïque, un accident chevauchant au Nord ce qui n'est pas le cas ; les accidents que l'on trouve dans la série crétacée et qui dans cette hypothèse devrait chevaucher vers le Nord, sont en réalité des accidents *chevauchant* vers le Sud, car ils sont associés à des charnières anticlinales fermées vers le Sud.

Contrairement à ce que dessinaient nos prédécesseurs, le contact anormal de base de la nappe de Gavarnie se ferme, vers le Sud, dans la vallée de Gavarnie (*fig. A*). Il réapparaît plus à l'Est, d'abord dans deux fenêtres, celles du cirque d'Estaubé et du plan de Lari, où l'on voit le contact entre Crétacé charrié et Crétacé autochtone, et ensuite dans la région de Bielsa.

Sur la transversale de Gavarnie des têtes plongeantes de nappes et des contacts anormaux appartenant à une première phase sont replissés par une deuxième phase (*fig. B*). La première phase se manifeste surtout par des contacts anormaux sub-parallèles à la stratification provoquant des répétitions de séries ; la petite nappe du Mt Perdu en est un exemple. La deuxième phase correspond à des plis à plans axiaux à pendage N, mais généralement redressés et souvent soulignés par une schistosité de fracture passant localement, lorsque le matériel s'y prête, à une schistosité de flux. La schistosité de ces plis 2 traverse incontestablement les contacts anormaux et les plans axiaux des structures de la première phase. Dans la vallée de Gavarnie cette schistosité 2 s'aplatit et s'accentue au contact du Paléozoïque de sorte que les calcaires cénomano-turonien sont affectés par une schistosité de flux et par de nombreux replis : cette schistosité est contemporaine de l'avancée du Nord vers le Sud de la nappe paléozoïque.

Notons que la faille, qui dans le coupe de Gavarnie a été placée par tous les auteurs [(1), (3), (4)] au niveau du Coniacien est en réalité une surface de disharmonie séparant un Crétacé calcaire très plissé affecté par une schistosité de flux et un Crétacé sus-jacent n'ayant pu se plisser en raison de sa compétence (*fig. 2*).

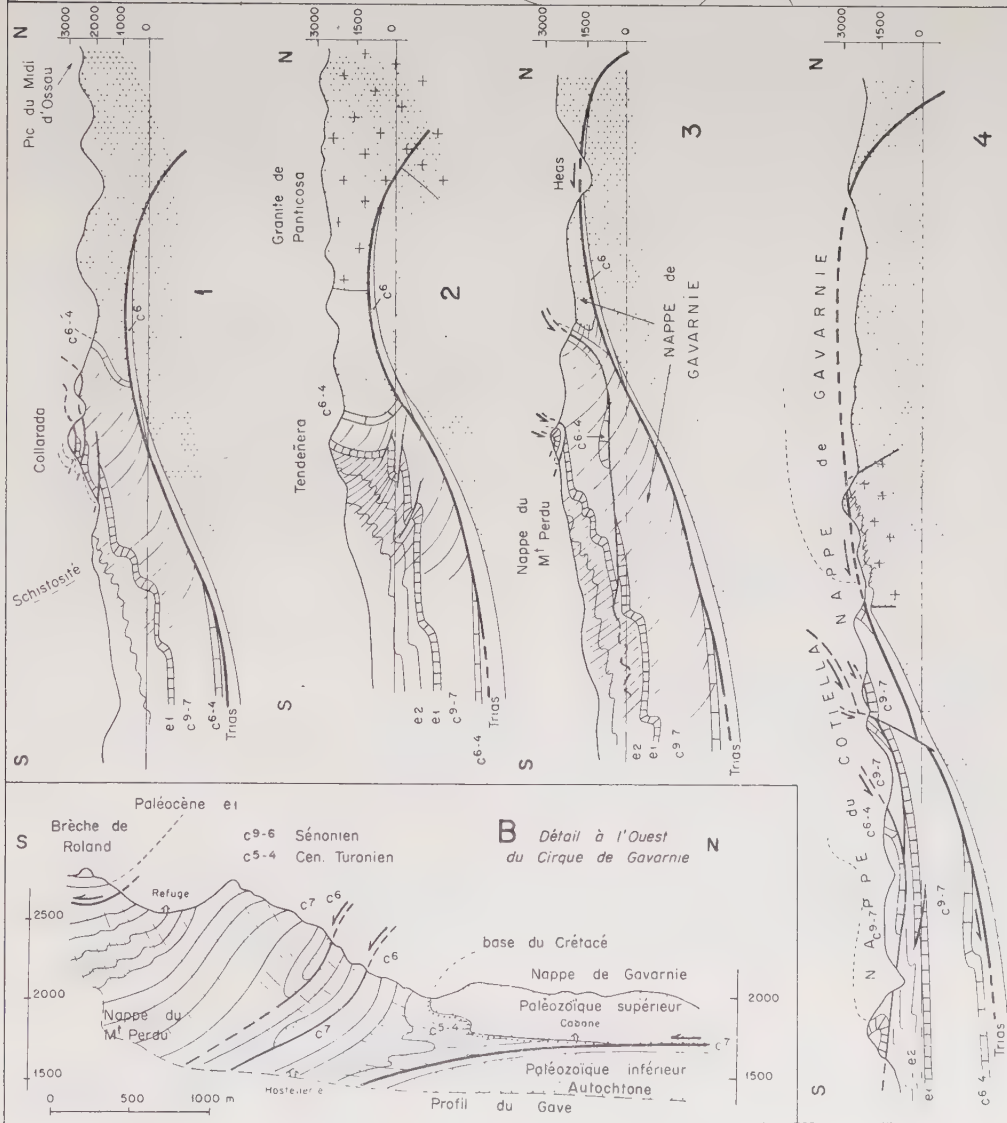
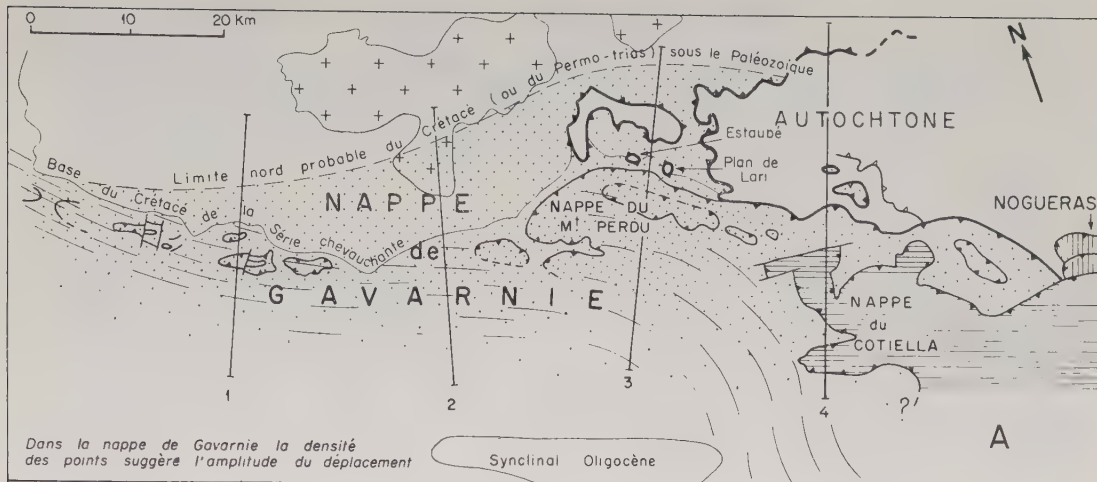
2. EXTENSION DE LA NAPPE DE GAVARNIE.

La plupart des auteurs admettaient implicitement qu'il s'agissait d'un accident sans grande extension. Souquet vient de résumer cette opinion en écrivant : « voilà donc une « nappe » de Gavarnie qui s'enracine au Nord, à l'Est et à l'Ouest en face d'une « nappe » crétacée et nummulitique du Mt Perdu qui s'amortit sur son front et s'enracine elle aussi à l'Est et à l'Ouest ». En réalité la nappe de Gavarnie a une extension considérable.

Vers l'Est. — On sait, grâce à M. Clin ⁽⁵⁾ que le contact Nord se prolonge vers l'Est où des klippes (Pta Suelza) doivent être rattachées à la nappe de Gavarnie. Mais le problème de la prolongation orientale du contact Sud n'avait pas encore été abordé au-delà de la région où il n'existe plus de Paléozoïque charrié. Or ce contact se prolonge vers l'Est pour les raisons suivantes : le Crétacé qui, dans ces régions, repose sur l'autochtone est le prolongement direct de la nappe du Mt Perdu qui a subi un déplacement de l'ordre de 15 km (égal à la flèche du chevauchement du Paléozoïque, augmenté de la flèche de la nappe du Mt Perdu) ; il a donc subi du déplacement comparable. Le contact majeur de la nappe de Gavarnie se trouve donc à la base de cette série crétacée ; il est du reste jalonné, au sud de Bielsa, par un lambeau de Paléozoïque coince entre le Crétacé charrié et le Trias autochtone ; la série crétacée est de plus partout affectée par un rabotage basal, parfois important ⁽⁶⁾. Ainsi la nappe se poursuit vers l'Est sans toutefois être accompagnée, au-delà de Bielsa, par des superpositions anormales, le contact ayant ici utilisé le Trias qui n'existait pas, plus à l'Ouest. La partie frontale crétacée de la nappe de Gavarnie se présente ici comme une série décollée d'au moins 15 km au niveau du Trias. Encore plus vers l'Est, la nappe de Gavarnie est relayée par les têtes plongeantes des Nogueras et la nappe du Cotiella ⁽⁷⁾.

Vers l'Ouest. — En l'absence de fenêtre tous les auteurs amortissaient très rapidement la nappe de Gavarnie admettant qu'au col de Boucharo, c'est-à-dire à moins de 4 km à l'Ouest de la vallée de Gavarnie où le chevauchement est de 10 km, tout est redevenu autochtone. En réalité, le contact anormal de base de la nappe de Gavarnie se fermant dans la vallée en aval du Cirque, il devient possible et nécessaire d'admettre que le *chevauchement se poursuit vers l'Ouest en profondeur* car 10 km de chevauchement minimum ne peuvent s'amortir latéralement aussi rapidement. Nous avons dessiné sur la figure A, *l'allure possible de l'amortissement* qui pourrait ne se réaliser qu'à l'extrême Ouest de la zone axiale.

Les arguments en faveur de cette hypothèse sont les suivants : la schistosité liée à l'avancée de la nappe de Gavarnie (*fig. B*) passe en continuité vers l'Ouest à celle de tout le flanc Sud de la zone axiale ; les plis serrés, qui au Sud du Massif du Mt Perdu sont une conséquence de l'avancée de la nappe de Gavarnie se prolongent très loin à l'Ouest ; les travaux des géologues d'Utrecht ⁽²⁾ ont montré que le style tectonique de la série du Mt Perdu (chevauchements cisailants subparallèles à la stratification de notre phase 1) se poursuit très loin vers l'Ouest (*fig.*) ; comme au Mt Perdu ces contacts sont replissés par une deuxième phase.



Vers le Sud. — La nappe de Gavarnie est une nappe à amortissement frontal. Sur la transversale de Gavarnie il faut supposer qu'au Sud du massif du Mt Perdu, qui a subi une translation globale vers le Sud de 15 km, il existe des plis ou des contacts anormaux provoquant un rétrécissement du même ordre. Il reste à savoir si ces plis se situent tous immédiatement au Sud du Mt Perdu ou s'ils se produisent à l'échelle de tout le bassin sud-pyrénéen.

3. AGE DE LA NAPPE DE GAVARNIE. — Les plis et la schistosité de la phase 2 contemporains de l'avancée de la nappe dessinent une virgation (*fig. A*) et deviennent Nord-Sud dans la vallée du Cinca (^{7 b}). Or les plis de cette direction qui affectent le flysch éocène sont recouverts en discordance par l'Oligocène inférieur (Est du synclinal de l'Aragon). La nappe de Gavarnie s'est donc mise en place, au moins partiellement, à la phase pyrénéenne.

Il n'est pas exclu que tout au Sud cette tectonique se soit produite en même temps que la sédimentation d'une partie de l'Eocène ce qui pourrait peut-être résoudre une partie des problèmes d'amortissement frontal. Il reste à savoir si les structures de la phase 1 sont totalement disjointes de celles de la phase 2 ou bien si elles n'en constituent qu'une manifestation précoce. On peut envisager, comme l'ont proposé les travaux des hollandais (²), et en l'absence de schistosité, que ces *structures 1 soient nées par simple gravité* due à un bombement de la zone axiale, mais on ne peut encore savoir si ce bombement est antérieur ou contemporain du début de l'avancée de la *nappe paléozoïque* qui, elle, par suite de l'existence d'une schistosité, *ne peut s'être mise en place par gravité*.

CONCLUSION. — La nappe de Gavarnie correspond à un accident tangentiel de première importance dont les manifestations se suivent sur une longueur de près de 100 km et sur une largeur d'au moins 30 km. Elle nous fournit un excellent exemple de nappe dont le style varie considérablement en fonction de l'intensité du serrage tectonique et de la lithologie. Une telle structure est évidemment une conséquence du serrage général de l'écorce qui provoqua la tectogenèse pyrénéenne pour laquelle on peut toujours définir la direction de la compression et le sens du déversement mais où la distinction entre les charriages vers le Sud et les sous-charriages vers le Nord, que l'on a cherché à lui appliquer (³), est vide de sens.

(*) Séance du 11 mars 1968.

(1) A. BRESSON, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 14, n° 93, 1903 et feuille de Luz.

(2) V. DE LINGEN, 1960 ; E. J. SCHWARZ, 1962 ; H. WENSENK, V. ELSBERG, 1962 ; V. DE VELDE, 1964 ; V. LITH, 1965 ; G. F. J. JEURISSEN, 1966 : *Thèses, Géol. Inst. of Utrecht*.

(3) P. SOUQUET, *Thèse Fac. Sciences*, Toulouse, 1967.

(4) P. MISCH, *Beit. Geol. Westl. Méditer.*, Berlin, n° 13, 1934 ; L. MENGAUD, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 40, n° 199, 1938, p. 197-233.

(5) M. CLIN, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2374-2377.

(6) P. CHOUKROUNE, *Thèse*, 3^e cycle, Paris, 1967 ; Cl. MARTINEZ, *Thèse*, 3^e cycle, Montpellier, 1968 ; P. CHOUKROUNE et M. SEGURET, *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynam.*, 3, 1968.

(7) M. SEGURET, *Comptes rendus*, a. 259, 1964, p. 2895-98 ; b. 265, 1967, p. 1448-51.

(Equipe de Recherche Associée au C. N. R. S., n° 132,
Laboratoire de Géologie Structurale,
Faculté des Sciences, place Eugène-Bataillon, Montpellier, Hérault.)

TECTONIQUE. — *La nappe de la Pedraforca : nouvelle unité allochtone du versant sud des Pyrénées*. Note (*) de M. Michel Séguret, présentée par M. Louis Glangeaud.

Dans une Note récente sur les caractères d'ensemble de la tectonique sud-pyrénéenne ⁽¹⁾, nous avons considéré que le massif secondaire de la Pedraforca constituait une nappe charriée du Nord vers le Sud sur l'Eocène de la Sierra del Cadi. Mais l'interprétation d'ensemble qui était alors proposée n'était pas étayée par une démonstration du caractère allochtone de la série de la Pedraforca. C'est cette démonstration que nous espérons faire ici.

Au Sud-Est d'Andorre, dans la Sierra del Cadi, le matériel hercynien de la zone axiale est recouvert par une série mésozoïque très réduite (Crétacé supérieur sur Trias ou Stéphienien). Au Sud de cette série de Cadi, la série de la Pedraforca est beaucoup plus complète puisqu'elle comporte du Jurassique et du Crétacé inférieur.

D'abord charriée vers le Nord ⁽²⁾, la série de la Pedraforca a été par la suite considérée comme autochtone [⁽³⁾, ⁽⁴⁾, ⁽⁵⁾]. Nous allons montrer qu'elle est en réalité *charriée du Nord vers le Sud* d'au moins 20 km par dessus la série de Cadi.

A. ARGUMENTS EN FAVEUR DE L'HYPOTHÈSE D'UNE NAPPE VENANT DU NORD FOURNIS PAR LA SÉRIE AUTOCHTONE DE CADÍ. — 1. Dans le substratum de la nappe de la Pedraforca, à l'extrémité est de la Sierra del Cadi, entre le Llobregat et le Ter, des *têtes plongeantes* à matériel paléozoïque et éocène ont été mises en évidence et décrites ⁽⁶⁾. Ces têtes plongeantes indiquent la présence d'importants mouvements tangentiels déversés *au Sud* dans cette région.

2. Dans l'Eocène marin de la Sierra del Cadi, juste sous le contact de base de la nappe de la Pedraforca, des *olistolithes* de Trias ont été décrits ; leur origine septentrionale a été démontrée ⁽⁷⁾. D'autres olistolithes de ce type ont été mis en évidence, toujours dans les marnes de l'Eocène à l'Est de la Sierra del Port del Compte (voir carte). Ces différents olistolithes démontrent d'une part l'existence du glissement du *Nord vers le Sud* de masses importantes dans la mer Eocène et d'autre part la présence de Keuper au Nord de la série del Cadi à cette époque.

3. A l'extrémité ouest de la Sierra del Cadi, le massif paléozoïque du Montsech de Tost [massif le plus oriental des têtes plongeantes des Nogueras ⁽¹⁾] est coïncé entre l'Eocène de Cadi et le Secondaire de la Pedraforca (coupe A). Or, sous le Paléozoïque du Montsech, la série de Cadi dessine un très beau synclinal *couché au Sud*, déjà décrit ⁽⁵⁾, preuve ici encore d'un déversement au Sud incontestable. Ainsi, dans le substratum nord de la nappe, olistolithes, têtes plongeantes et plis couchés indiquent un glissement ou un déversement des structures vers le Sud, sens de déversement que l'on va retrouver en étudiant la nappe elle-même.

B. ARGUMENTS FOURNIS PAR LA SÉRIE DE LA PEDRAFORCA. — 1. Dans le massif de la Pedraforca, les plis couchés et les écaillages sont tous déversés au Sud même dans les parties les plus septentrionales (coupes). Ainsi, dans la vallée du Llobregat,

les calcaires jurassico-crétacés surmontant le keuper dessinent une très belle tête anticlinale poussée *au Sud* ⁽⁵⁾ (coupe C).

2. *Le contact nord* de la série de la Pedraforca avec la série de Cadi ayant un pendage moyen de 45° au Sud a été interprété [⁽²⁾ à ⁽⁵⁾] comme un chevauchement vers le Nord. Mais, alors qu'il y a des structures déversées vers le Sud de part et d'autre du contact, il n'y a, par contre, aucun indice permettant de dire que le chevauchement s'est effectué du Sud vers le Nord. Au contraire, l'absence de déformation dans les marnes éocènes de Cadi en contact avec le Trias de la série de la Pedraforca et le fait que ce contact soit toujours rigoureusement parallèle à la stratification des marnes sous-jacentes milite en faveur de l'hypothèse d'un *contact de glissement sur fond marin* de même nature que le contact de base des olistolithes.

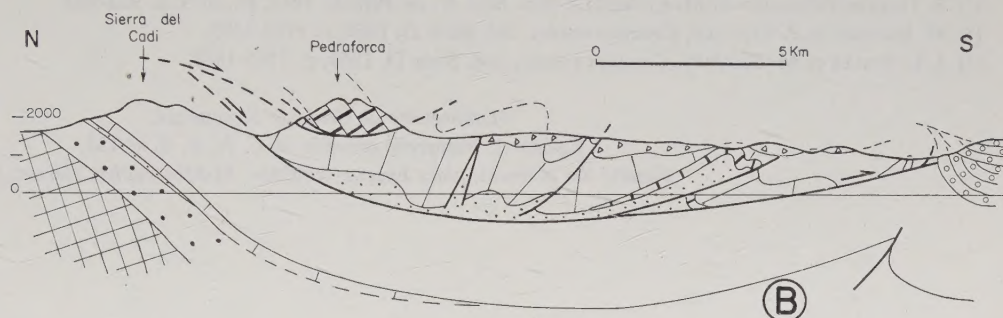


3. *A son extrémité est*, le Secondaire de la série de la Pedraforca repose *sur* les marnes éocènes. Le contact est ici proche de l'horizontale et les marnes autochtones présentent un véritable olistostrome. En effet, elles se chargent en galets lorsqu'on approche de la nappe et, sous la nappe elle-même, elles contiennent d'énormes blocs (1 à 200 m³) de calcaires rognaciens provenant de la nappe et de calcaires éocènes à algues et faune benthonique. La sédimentation très changeante montre des passages brutaux de marnes très finement détritiques à des niveaux de brèches. Enfin, ce contact oriental est souvent masqué par des brèches et des conglomérats syntectoniques, transgressifs sur le contact et qui reposent à la fois contre des paléo-reliefs formés par les calcaires de la nappe et sur les marnes autochtones auxquelles ils passent progressivement (carte et coupe C).

4. *Le contact sud* est masqué dans la partie ouest (Sierra del Port del Compte) par des failles tardives d'effondrement (coupe A) ou par des brèches syntectoniques identiques à celles du contact est (*voir* carte). Mais il est bien observable à l'Est,

dans la vallée du Llobregat où le Secondaire de la nappe repose sur les marnes bleues par l'intermédiaire d'un contact sub-horizontale jalonné de Trias. Dans la vallée même, le contact est parallèle à la stratification des marnes sous-jacentes et le long de la route de La Nou ces marnes contiennent des blocs de nature et taille variables (Trias, calcaire bréchique à alvéolines, Crétacé bréchique, brèche) et acquièrent les caractères d'un olistostrome.

Au Sud de la nappe, les conglomérats de l'Eocène supérieur-Oligocène du bassin de l'Èvre sont transgressifs sur le contact de base de la nappe. Ils reposent aussi bien sur les marnes autochtones que sur le matériel allochtone, cachant ainsi le contact frontal de la nappe.



CONCLUSIONS. — Rappelons les faits observés : au Nord, à l'Est, au Sud, la série de la Pedraforca chevauche l'Eocène à l'aide d'un contact souvent proche de l'horizontale ; s'il existe des preuves de déversement et de glissement vers le Sud aussi bien dans la nappe que dans son substratum, il n'existe aucune preuve de déversement vers le Nord ; l'Eocène du bord est de la nappe acquiert les caractères d'un olistostrome ; des brèches sédimentaires syn-tectoniques masquent souvent les contacts est et sud.

Seule la mise en place d'une *nappe à matériel secondaire venue du Nord pendant la sédimentation de l'Eocène moyen-supérieur* permet d'expliquer cet ensemble d'observations.

Rappelons que nous avons vu comment cette nappe de la Pedraforca passe vers l'Ouest à la série décollée au niveau du Trias de l'« Unité sud-pyrénéenne des Nogueras » ⁽¹⁾.

L'interprétation structurale qui est proposée ici est compatible avec les données stratigraphiques. En effet, au Nord et au Sud de l'emplacement actuel de la Pedraforca, les séries autochtones du Nord (Cadi) et du Sud (Port del Compte) sont identiques et comportent un Secondaire extrêmement réduit ⁽⁵⁾. La série de la Pedraforca sédimentée plus au Nord sur la zone axiale est au contraire beaucoup plus complète et comprend notamment du Trias supérieur gypseux, du Jurassique et un Crétacé bien développé. Cette série de la Pedraforca s'est décollée sur sa semelle de Trias et a recouvert la série réduite de Cadi-Port del Compte. Ceci permet d'expliquer les oppositions de faciès existant pour tous les niveaux entre les deux séries et le fait que, dans la nappe de la Pedraforca, les unités les plus méridionales soient

celles qui, stratigraphiquement, se rapprochent le plus de l'autochtone ⁽⁵⁾. Ainsi, la mise en évidence de la nappe de la Pedraforca contribue-t-elle à la nouvelle interprétation paléogéographique d'ensemble du versant sud des Pyrénées que nous avons déjà proposée ⁽¹⁾.

(*) Séance du 7 juillet 1969.

(1) M. SÉGURET, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 907-910.

(2) G. ASTRE, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2106-2109 ; Ch. JACOB, P. FALLOT, G. ASTRE et R. CIRY, *C. R. XIV^e congr. Geol. Intern.*, Madrid, fasc. 2, 1926, p. 235-411.

(3) M. DALLONI, *Ann. Fasc. Sc.*, Marseille, 26, fasc. 3, 1930, 365 pages.

(4) H. ASHAUER, *Abh. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-Phys.*, Kl (3), 10, S. 2, 1934, p. 115 ; *Publ. Estr. sobre Geol. de España*, Madrid, fasc. 2, 1943, p. 202-335.

(5) B. GUERIN-DESJARDIN et M. LATREILLE, *Rev. Inst. Fr. du Pétrole*, 1961, 16, n° 9, p. 922-940.

(6) M. SÉGURET et P. VERGELY, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 1702-1705.

(7) J. L. REILLE et M. SÉGURET, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 1845-1848.

(Laboratoire de Géologie Structurale,
Equipe de Recherche associée au C. N. R. S. n° 132,
Faculté des Sciences, place Eugène-Bataillon, 34-Montpellier, Hérault.)

